

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10172883 A**(43) Date of publication of application: **26 . 06 . 98**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/027**  
**G21K 5/02**  
**H05H 13/04**

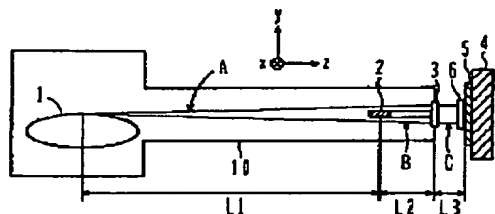
(21) Application number: **08328742**(71) Applicant: **SUMITOMO HEAVY IND LTD**(22) Date of filing: **09 . 12 . 96**(72) Inventor: **TOYODA EIJIRO**

**(54) SYNCHROTRON RADIATOR AND X-RAY  
 EXPOSURE APPARATUS**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To pick up a long-wavelength light by screening lights emitted in a direction corresponding to a smaller spread angle than a second spread angle and permitting lights emitted in directions at angles higher than the second angle.

**SOLUTION:** A screen plate 2 is disposed along a neutral plane of a radiant light A to screen lights emitted in a direction corresponding to a smaller spread angle than a second spread angle and other than the screened lights are radiated outside through a Be film 3 laid in a vacuum voltage 10. The radiant light C is irradiated on the surface of a wafer 5 through a mask 6 to transfer a pattern of the mask 6 to a resist film on the wafer surface with a second spread angle of about 0.1-0.3mrad. This cuts short-wavelength components of a synchrotron radiant light, without utilizing the wavelength-dependence of the reflective index.



COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-172883

(43) 公開日 平成10年(1998)6月26日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/027		H 0 1 L 21/30	5 3 1 E
G 2 1 K	5/02		G 2 1 K 5/02	X
H 0 5 H	13/04		H 0 5 H 13/04	U

審査請求 未請求 請求項の数9

O L

(全7頁)

(21) 出願番号 特願平8-328742

(22) 出願日 平成8年(1996)12月9日

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72) 発明者 豊田 英二郎

東京都田無市谷戸町2丁目1番1号 住友重  
機械工業株式会社田無製造所内

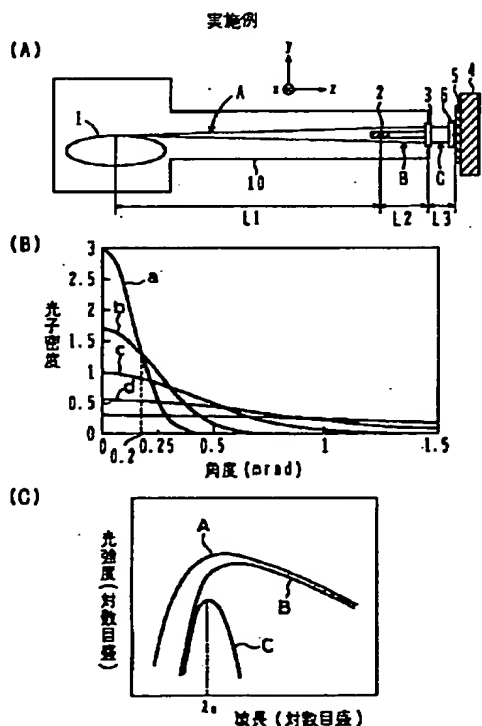
(74) 代理人 弁理士 高橋 敬四郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 シンクロトロン放射装置及びX線露光装置

## (57) 【要約】

【課題】 シンクロトロン放射光のうち不要な波長成分の光をカットし、必要な波長成分の減衰を抑制することが可能なシンクロトロン放射装置を提供する。

【解決手段】 軌道平面に沿って荷電粒子が周回運動する放射光源から、軌道平面に垂直な断面内において、軌道平面を中心として第1の広がり角を持って伝搬する放射光が放出される。放射光源から放出された放射光のうち、第2の広がり角よりも小さな広がり角に相当する向きに放射された光が、遮光手段により遮光される。第2の広がり角よりも大きな広がり角に相当する向きに放射された光は遮光手段を通過する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軌道平面に沿って荷電粒子が周回運動し、該軌道平面に垂直な断面内において、該軌道平面を中心として第 1 の広がり角を持って伝搬する放射光を放出する放射光源と、

前記放射光源から放出された放射光のうち、第 2 の広がり角よりも小さな広がり角に相当する向きに放射された光を遮光し、前記第 2 の広がり角よりも大きな広がり角に相当する向きに放射された光を通過させる遮光手段とを有するシンクロトロン放射装置。

【請求項 2】 さらに、前記遮光手段の後方に配置され、前記遮光手段を通過した光を反射し、反射光を前記軌道面に垂直な方向に走査する反射手段を有する請求項 1 に記載のシンクロトロン放射装置。

【請求項 3】 さらに、前記放射光源と前記遮光手段との間に配置され、前記放射光源から放射された光を反射し、反射光を前記軌道面に垂直な方向に走査する反射手段と、

前記反射手段によって反射した反射光の走査に応じて前記遮光手段を移動させる移動手段とを有する請求項 1 に記載のシンクロトロン放射装置。

【請求項 4】 軌道平面に沿って荷電粒子が周回運動し、該軌道平面に垂直な断面内において、該軌道平面を中心として第 1 の広がり角を持って伝搬する放射光を放出する放射光源と、

前記放射光源から放出された放射光のうち、第 2 の広がり角よりも小さな広がり角に相当する向きに放射された光を遮光し、前記第 2 の広がり角よりも大きな広がり角に相当する向きに放射された光を遮光しない遮光手段と、

前記放射光源と遮光手段とを内部に有し、前記遮光手段を通過した光を外に導出するための透過窓が設けられた真空容器と、

前記透過窓を通して外部に導出された放射光が照射されるように、マスクと半導体ウエハとを保持する保持台とを有する X 線露光装置。

【請求項 5】 さらに、前記保持台を、該保持台の配置された位置における前記放射光の進行方向に対して垂直な方向に並進移動させる保持台移動手段を有する請求項 4 に記載の X 線露光装置。

【請求項 6】 さらに、前記遮光手段の後方に配置され、前記遮光手段を通過した光を反射し、反射光を前記軌道面に垂直な方向に走査する反射手段を有する請求項 4 に記載の X 線露光装置。

【請求項 7】 さらに、前記放射光源と前記遮光手段との間に配置され、前記放射光源から放射された光を反射し、反射光を前記軌道面に垂直な方向に走査する反射手段と、

前記反射手段によって反射した反射光の走査に応じて前記遮光手段を移動させる移動手段とを有する請求項 4 に

記載の X 線露光装置。

【請求項 8】 前記第 2 の広がり角が、 $0.1 \sim 0.3 \text{ mrad}$  である請求項 4～7 のいずれかに記載の X 線露光装置。

【請求項 9】 前記遮光手段が前記透過窓に機械的に固定され、前記透過窓を補強する請求項 4～8 のいずれかに記載の X 線露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】 本発明は、シンクロトロン放射装置及び、それを用いた X 線露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 X 線露光では、波長 1 nm 近傍の光で露光することが望ましい。波長 1 nm よりも長波長の光では、回折による半影ボケが大きくなり、短波長の光では、レジスト中で発生する光電子の飛程が大きくなり、同様にボケが生じるからである。

【0003】 以下、シンクロトロン放射光から波長 1 nm 近傍の光のみを取り出す方法を説明する。電子軌道から発生した放射光が、反射ミラーに入射角  $90^\circ$  に近い角度で入射する。反射ミラーで反射した放射光は、ベリリウム薄膜を透過した後、マスクを通してウエハ表面を照射する。反射ミラーを揺動させることによって反射光を走査し、ウエハ表面の広い領域を露光する。

【0004】 放射光は、反射ミラーによって反射することにより、短波長成分がカットされる。さらに、ベリリウム薄膜を透過することによって長波長成分がカットされる。このように、短波長成分と長波長成分がカットされて波長 1 nm 近傍の光のみが取り出される。

30 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述の従来例では、反射ミラーが放射光を走査する作用と、短波長成分をカットする作用を果たす。X 線ミラーの反射率は、図 6 のように波長によって大きく変わる。図 6 は、表面に金をコーティングした場合の反射率を示す。反射率を高くするには、ミラー表面から小さい角度 ( $90^\circ$  に近い入射角) で入射させることが望ましい。波長が短い側では反射率は角度の値かな変化で大きく変動するので、露光範囲を広げるためにミラーの角度を変えると反射率が変化し、均一な露光が困難になる。反射率の変動を抑えるためには、大きな角度で入射することが望ましいが、反射率が低くなる欠点がある。いずれにせよ角度を変化させる限り、露光の均一性を維持することは困難になる。

【0006】 本発明の目的は、シンクロトロン放射光のうち不要な波長成分の光をカットし、必要な波長成分の減衰を抑制することが可能なシンクロトロン放射装置を提供することである。

【0007】 本発明の他の目的は、シンクロトロン放射光から、X 線露光に有害な波長成分をカットし、かつ有効な波長成分の減衰を抑制することが可能な X 線露光装

置を提供することである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、軌道平面に沿って荷電粒子が周回運動し、該軌道平面に垂直な断面内において、該軌道平面を中心として第1の広がり角を持って伝搬する放射光を放出する放射光源と、前記放射光源から放出された放射光のうち、第2の広がり角よりも小さな広がり角に相当する向きに放射された光を遮光し、前記第2の広がり角よりも大きな広がり角に相当する向きに放射された光を通過させる遮光手段とを有するシンクロトロン放射装置が提供される。

【0009】この放射光源から放射された放射光の広がり角は、波長に依存する。波長の短い光ほど広がり角が小さい。従って、小さな広がり角に相当する向きに放射された光を遮光すると、主として波長の短い光を遮光し、波長の長い光を取り出すことができる。

【0010】本発明の他の観点によると、軌道平面に沿って荷電粒子が周回運動し、該軌道平面に垂直な断面内において、該軌道平面を中心として第1の広がり角を持って伝搬する放射光を放出する放射光源と、前記放射光源から放出された放射光のうち、第2の広がり角よりも小さな広がり角に相当する向きに放射された光を遮光し、前記第2の広がり角よりも大きな広がり角に相当する向きに放射された光を遮光しない遮光手段と、前記放射光源と遮光手段とを内部に有し、前記遮光手段を通過した光を外部に導出するための透過窓が設けられた真空容器と、前記透過窓を通して外部に導出された放射光が照射されるように、マスクと半導体ウエハとを、その相対位置を固定して保持する保持台とを有するX線露光装置が提供される。

【0011】波長の短い光がカットされて半導体ウエハ表面に照射されるので、波長の短い光が原因となるボケの発生を防止することができる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】図1(A)は、本発明の実施例によるX線露光装置の概略図を示す。電子蓄積リングの真空容器10内に、電子の周回軌道1が水平(xz面に平行)に配置され、半径0.9mの円軌道に沿って周回運動する電子からシンクロトロン放射光Aがz軸方向に放出される場合を考える。シンクロトロン放射光Aは、水平面内には360°方向に放射されるが、垂直面(yz面)内に関しては、小さな広がり角を有する。

【0013】シンクロトロン放射光の垂直方向への分散 $\sigma_{SR}$ (標準偏差値)は波長によって異なり、

#### 【0014】

【数1】 $\sigma_{SR} = 0.565 (\lambda / \lambda_c)^{0.425} \gamma^{-1}$ と表される。ここで、 $\gamma$ は電子の運動エネルギーの静止質量に対する比、すなわち $\gamma = E / mc^2$ ( $m$ は電子の静止質量、 $c$ は光速)であり、 $\lambda_c$ は臨界波長、すなわち放射光の全スペクトルのエネルギー平均値に相当する波長

である。

【0015】図1(B)は、シンクロトロン放射光の垂直方向の広がり角の様子を示す。横軸は、放射方向と水平面とのなす角度を単位 $mrad$ で表し、縦軸は、光子密度を任意目盛りで表す。横軸の角度0の位置が、水平方向に放射される光子密度に対応する。光子密度は周回軌道1の軌道面に関して対称に分布する。光子密度の分布の対称中心面を中立平面と呼ぶ。図中の曲線a、b、c、d、eは、それぞれ $\lambda / \lambda_c$ が0.01、0.1、1、10、100の場合を示す。波長が長くなるに従って広がり角が大きくなることわかる。

【0016】図1(A)に戻って、放射光Aの中立平面に沿って遮光板2が配置されている。遮光板2は、例えば銅により形成される。なお、放射光Aを遮光できる材料であればその他の材料を用いてもよい。電子蓄積リングの周回軌道1の放射光発生点から遮光板2までの距離 $L_1$ は、例えば5.4mであり、遮光板2の厚さは、約2.2mmである。このとき、水平面とのなす角度が0.2mrad以内の方向に放射された放射光、すなわち、広がり角0.4mradよりも小さな広がり角に相当する向きに放射された光が、遮光板2によって遮られる。

【0017】これを図1(B)にあてはめると、角度0~0.2mradの範囲の光が遮られることになる。曲線a及びbで示す $\lambda / \lambda_c = 0.01$ 及び0.1の光の大部分が遮光される。 $\lambda / \lambda_c = 1$ の光はほぼ1/3が遮光される。曲線d、eで示す $\lambda / \lambda_c = 10$ または100の光の遮光量は更に少ない。すなわち、波長の短い光ほど遮光量が多くなる。

【0018】図1(C)は、放射光のスペクトルを示す。縦軸の光強度とは、X線露光装置に向かう全光子数を表す。曲線Aは、電子蓄積リングの周回軌道1から放出された放射光Aのスペクトルを示す。X線露光に適した波長 $\lambda$ 。近傍の光の強度が強くなるように設定されている。遮光板2の後方の放射光のスペクトルは、曲線Bに示す特性を有する。すなわち、波長 $\lambda$ よりも短い波長を有する光強度が大きく低下する。

【0019】図1(A)に戻って、遮光板2により遮られなかった光は、真空容器10に取り付けられたベリリウム薄膜3を透過して外部に放出される。ベリリウム薄膜3は、例えばその周囲を補強リングに溶接し、この補強リングをフランジに溶接し、フランジを真空容器10に取り付けることにより固定される。遮光板2とベリリウム薄膜3との距離 $L_2$ は、例えば0.3mである。ベリリウム薄膜3は、波長 $\lambda$ よりも長い波長の光を主に吸収する。

【0020】図1(C)の曲線Cは、ベリリウム薄膜3を透過した放射光Cのスペクトルを示す。波長 $\lambda$ よりも長い波長領域の光が吸収され、波長 $\lambda$ 。近傍にピークを有するスペクトルが得られる。

【0021】図1(A)に戻ってベリリウム薄膜3に対向するように、ウエハ保持台4が配置されている。ウエハ保持台4のウエハ保持面とベリリウム薄膜3との距離は、例えば0.3mである。この空間には、X線の減衰を防止するためヘリウムガスが満たされている。ウエハ保持台4のウエハ保持面にウエハ5が保持され、その前方に10~30 $\mu$ m離してマスク6が配置されている。ウエハ5の表面には、X線に感光するレジスト膜が塗布されている。ウエハ保持台4は、ウエハ5とマスク3の相対位置を固定したまま垂直方向(y軸に平行な方向) 10に並進移動することができる。

【0022】ベリリウム薄膜3を透過した放射光Cは、マスク6を介してウエハ5の表面に照射され、マスク6に形成されているパターンがウエハ5の表面のレジスト膜に転写される。ウエハ保持台4を垂直方向に移動することにより、ウエハ5の表面の広い領域を露光することができる。

【0023】図2は、遮光板2が配置された位置における真空容器10の内部の概略断面図を示す。真空容器10の上壁に貫通孔が設けられ、この貫通孔を通して支軸20が上下方向に微動可能に支持されている。支軸20と真空容器10との間は、ベローズ22により気密に保たれている。真空容器10の内側において、支軸20の先端に逆U字型の断面を有する接続治具21が取り付けられ、その先端に遮光板2が保持されている。支軸20を上下方向に微動させることにより、遮光板2の位置を調節することができる。遮光板2は、放射光Aの中立平面に沿って保持される。

【0024】真空容器10の側壁に銅製のサーマルアンカ24が取り付けられ、遮光板2とサーマルアンカ24 30とが、銅編線23により熱的に結合されている。サーマルアンカ24は必要に応じて水冷される。銅編線23とサーマルアンカ24とにより、遮光板2を効率的に冷却することができる。

【0025】上記実施例によると、図1(C)に示すように、遮光板により短波長成分の光が多くカットされるスペクトルBが得られる。また、ミラーを用いないので、均一に近い露光が可能である。

【0026】上記実施例では、広がり角0.4mradよりも小さい広がり角の相当する方向に放射された放射 40光を遮光板でカットする場合を説明した。X線露光に有効な波長の光を得るためには、広がり角0.1~0.3mradよりも小さな広がり角に相当する方向に放射された放射光をカットするようにしてもよい。

【0027】次に、図3を参照して他の実施例によるX線露光装置について説明する。図3のX線露光装置では、真空容器10内において、遮光板2とベリリウム薄膜3との間に揺動可能な反射ミラー7が配置されている。電子蓄積リング1から放射された放射光Aは、遮光板2を通過する。遮光板2を通過した放射光Bは、反射 50

ミラー7で反射し、その進行方向を変える。反射した放射光C'は、ベリリウム薄膜3を透過して真空容器の外部に放射される。ベリリウム薄膜3に対向する位置に、図1(A)の場合と同様に、マスク6、ウエハ5がウエハ保持台4により保持されている。

【0028】例えば、揺動角度 $\pm 0.2^\circ$ 、揺動周波数1~10Hzで反射ミラー7を揺動運動させると、放射光がウエハ5の表面上を1方向に走査する。図1(A)の場合と異なり、ウエハ保持台4を並進移動させることなく、ウエハ5の表面の広い領域を露光することができる。

【0029】図3(B)は、放射光のスペクトルを示す。曲線A、B、C'、C''は、それぞれ電子蓄積リング1から放射された放射光A、遮光板2を通過した後の放射光B、反射ミラー7により反射した放射光C'、及びベリリウム薄膜3を透過した放射光C''のスペクトルを表す。

【0030】反射ミラー7で反射することにより、放射光の強度が曲線Bから曲線C'まで低下する。ただし、反射ミラー7は、放射光を走査する機能のみを有すればよく、短波長成分をカットする機能を有する必要はない。このため、反射効率を高めるように最適化することが可能である。例えば、反射ミラー7に短波長成分をカットする機能を持たせるためには、一般に入射角(ミラーの法線と入射光線とのなす角度)を $88.8^\circ$ 程度にする。短波長成分をカットする必要がない場合には、入射角を $88.8^\circ$ からさらに $90^\circ$ に近づけ、反射率を高く設定することが可能である。発明者の計算によると、反射率の20%程度の改善が期待できる。

【0031】反射率に着目して反射ミラー7の配置を最適化することにより、放射光C'の光強度を比較的高く維持することができる。最終的に、ベリリウム薄膜3を透過した放射光C''の波長 $\lambda$ 。近傍の光強度を高く維持することが可能になる。

【0032】図3(A)では、遮光板2を反射ミラー7の前方に配置した場合を説明したが、後方に配置してもよい。遮光板2を反射ミラー7の後方に配置する場合には、反射ミラー7の揺動運動に応じて遮光板2を往復移動させる必要がある。

【0033】図4は、遮光板2を反射ミラー7の後方に配置した場合のX線露光装置の概略正面図を示す。基台30の上に真空容器10が固定されている。真空容器10は、ダクト10A、ミラーボックス10B、ダクト10C、ベローズ10D及びダクト10Eが、この順番に連結されて構成される。ダクト10Aの左方には、図3(A)と同様の電子蓄積リングが取り付けられている。ミラーボックス10B内に図3(A)と同様の反射ミラー7が配置されている。反射ミラーは、揺動中心軸31の回りに揺動運動する。ダクト10Eの先端は、ベリリウム薄膜部分を有する蓋34により気密に閉じられてい

る。ダクト 10 E は、揺動腕 3 2 を介して揺動中心軸 3 1 に結合し、揺動中心軸 3 1 を中心として揺動運動可能である。

【0034】揺動腕 3 2 の先端近傍が、基台 3 0 に固定された往復駆動機構 3 3 に接続されている。往復駆動機構 3 3 が揺動腕 3 2 の先端を往復駆動（より厳密には円弧に沿った往復駆動）することにより、ダクト 10 E を揺動運動させることができる。

【0035】ダクト 10 E の揺動角がミラーボックス 10 B 内の反射ミラーの揺動角の 2 倍になるように、反射ミラーとダクト 10 E とを連動させる。このように連動させることにより、ダクト 10 E 内に配置された遮光板を、常時、放射光の中立平面の位置に設置することができる。反射ミラーとダクト 10 E との連動は、電気的に行ってもよいし機械的に行ってもよい。

【0036】図 3 (A) に示す X 線露光装置では、ベリリウム薄膜 3 上の放射光 C' の透過位置が変動する。このため、放射光 C' が振られる最大振幅に対応するようにベリリウム薄膜 3 を比較的大きくする必要がある。例えば、50 mm×50 mm 程度の正方形状とする。これ 20 に対し、図 4 の場合には、ベリリウム薄膜上の放射光の透過位置がほぼ固定するため、ベリリウム薄膜を小さくすることができる。例えば、50 mm×20 mm 程度の長方形状とすることができる。

【0037】一般に、ベリリウム薄膜の厚さは 10~20 μm であり、ベリリウム薄膜を大きくすると、機械的強度が弱くなる。図 4 に示す構成とすることにより、ベリリウム薄膜の機械的強度を高くすることができる。

【0038】図 5 は、蓋 3 4 の断面図を示す。ベリリウム薄膜 3 の周囲が外周補強部材 3 a に溶接され、外周補強部材 3 a がフランジ 3 b に溶接されている。フランジ 3 b が真空容器 10 の端部に気密に取り付けられている。ベリリウム薄膜 3 と放射光の中立平面との交線に沿って補強部材 3 c がベリリウム薄膜 3 に接着されている。補強部材 3 c により、ベリリウム薄膜 3 の機械的強度をさらに高くすることができる。

【0039】中立平面近傍の放射光は、図 4 のダクト 10 E 内に設置された遮光板によってカットされているため、補強材 3 c は放射光の伝搬に影響を与えない。また、補強材 3 c が遮光板を兼ねてもよい。

【0040】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

#### 【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、反射率の波長依存性を利用することなく、シンクロトロン放射光の短波長成分をカットすることができる。

【0042】このシンクロトロン放射装置を X 線露光用光源に適用すると、X 線露光に有効な波長成分の減衰を抑制し、かつ有害な波長成分を効率的にカットすることが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例による X 線露光装置の概略を示す断面図、シンクロトロン放射光の広がり角の波長依存性を示すグラフ、及び放射光のスペクトルを示すグラフである。

【図 2】図 1 に示す X 線露光装置の遮光板の保持方法を説明するための真空容器内の断面図である。

【図 3】本発明の他の実施例による X 線露光装置の概略を示す断面図、及び放射光のスペクトルを示すグラフである。

【図 4】図 3 の他の実施例の変形例による X 線露光装置の概略を示す正面図である。

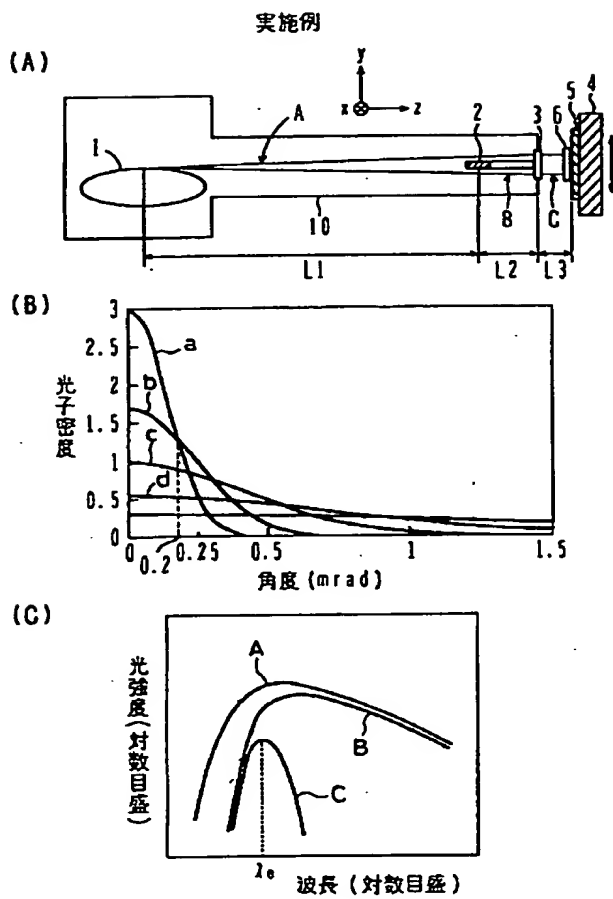
【図 5】図 4 の X 線露光装置の蓋部の断面図である。

【図 6】表面に Au をコーティングした反射ミラーの反射率を、ミラー面と入射光軸との間の角度の関数として、波長ごとに示すグラフである。

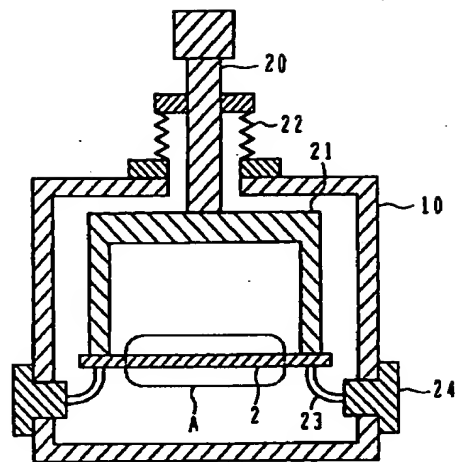
#### 【符号の説明】

- 1 電子蓄積リングの周回軌道
- 2 遮光板
- 3 ベリリウム薄膜
- 4 ウエハ保持台
- 5 ウエハ
- 6 マスク
- 7 反射ミラー
- 10 真空容器
- 20 支軸
- 21 接続部材
- 22 ベローズ
- 23 銅編線
- 24 サーマルアンカ
- 30 基台
- 31 揺動中心軸
- 32 揺動腕
- 33 往復駆動機構
- 34 蓋

【図 1】

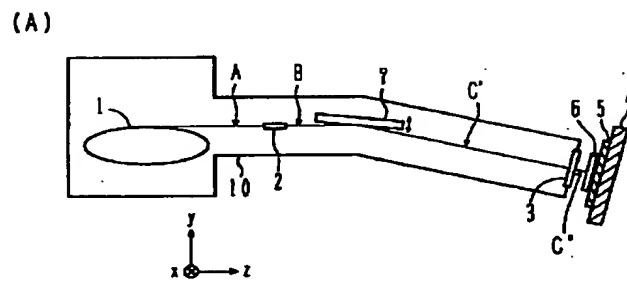


【図 2】

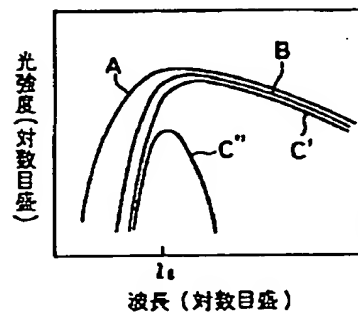


【図 3】

他の実施例

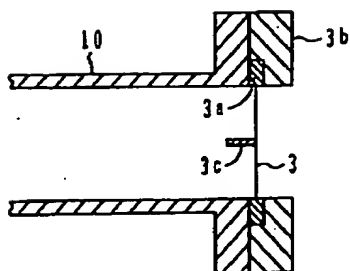


(B)



【図 5】

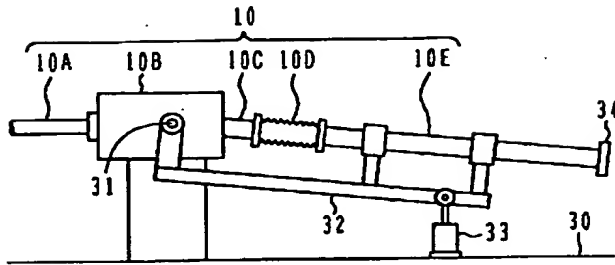
ベリリウム薄膜





【図 4】

他の実施例の変形例



【図 6】

